

MKM Mathematical Knowledge Management
Second International Conference on MKM
Mathematical Knowledge Management 2003

Bertinoro (Forlì), 16-20 febbraio 2003

ANTONELLA DE ROBBIO - ALBERTO MARINI

*Mathematics books and journals do not look as beautiful
as they used to.*

*It is not that their mathematical content is unsatisfactory,
rather that the old and well-developed traditions of type-
setting have become too expensive.*

*Fortunately, it now appears that mathematics itself can
be used to solve this problem.*

(Donald Knuth)

A Bertinoro nel febbraio 2003 si è svolta la 2. International Conference on Mathematical Knowledge Management, MKM 2003 dedicata allo sviluppo di strumenti matematici e informatici che consentano di organizzare e rendere efficacemente utilizzabili le conoscenze matematiche oggi disponibili. Attualmente al MKM afferisco - no diversi tipi di ricerche e le relazioni presentate a Bertinoro hanno toccato una notevole varietà di problemi. Alcuni di questi coinvolgono direttamente attività concernenti la digitalizzazione dei documenti matematici e l'organizzazione di digital libraries. Altri interventi hanno toccato nozioni e risultati della logica e della intelligenza artificiale la cui utilizzazione per la documentazione della matematica si presenta molto promettente. La presente relazione tecnica intende fornire uno strumento di partenza per approfondire queste tematiche.

Parole chiave: Biblioteche digitali per la matematica - Gestione della conoscenza matematica - Metadati - MKM - DML

"MKM Mathematical Knowledge Management 2003" è il titolo della Seconda Conferenza Internazionale tenutasi a Bertinoro (Forlì) dal 16 al 18 febbraio 2003, organizzata da Andrea Asperti e Luca Padovani dell'Università di Bologna, Dipartimento di Informatica (<<http://www.cs.unibo.it/MKM03/>>).

Alla II International Conference MKM si sono affiancati due ulteriori eventi importanti:

- First Annual Workshop of the European Project IST-2001-33562 MOWGLI [Mathematics on the Web: Get It by Logic and Interfaces]
Meeting 19-20 febbraio 2003 <http://mowgli.cs.unibo.it/html_yes_frames/home.html>
- First Meeting of the European Project MKM-net
18-19 febbraio 2003 <<http://monet.nag.co.uk/mkm/index.html>>.

Gli Atti della conferenza sono stati subito disponibili nel volume monografico edito dalla Springer nella collana LNCS Lecture Notes in Computer Science 2594 e curato da Andrea Asperti, Bruno Buchberger e James H. Davenport.

Il settore di ricerca contraddistinto dalla sigla MKM è volto allo sviluppo di strumenti basati su sofisticate nozioni matematiche e su avanzate tecnologie del software che consentono di organizzare e rendere efficacemente utilizzabile il vasto complesso di risultati matematici oggi in nostro possesso. L'area del Mathematical Knowledge Management è stata definita nella precedente conferenza internazionale un nuovo campo eccitante tutto da indagare, intersezione tra la matematica e l'informatica. Molti sentono la necessità di organizzare la conoscenza matematica in modi nuovi, e prima ancora di esplorare la conoscenza attualmente disponibile nella letteratura matematica. Per tale ragione le competenze dei bibliotecari di matematica sono fondamentali al fine di cooperare attivamente alla costruzione di strumenti utili alle biblioteche digitali di matematica, a cominciare dagli strumenti di indicizzazione, dagli schemi di classificazione e dai thesauri disciplinari.

Attualmente al MKM afferiscono diversi tipi di ricerche, alcuni di specifico interesse per il settore delle biblioteche digitali, tra cui gli aspetti collegati ai processi di digitalizzazione, di rappresentazione e di formalizzazione (i tre livelli sui quali l'informazione può essere rappresentata al computer), il ruolo dei formati di codifica e di elaborazione delle espressioni matematiche come LaTeX e MathML, le tecniche per il recupero dell'informazione (*information retrieval*) e tutto il settore relativo ai linguaggi di interrogazione di risorse matematiche entro un'architettura di metadati standard come RDF. A questo proposito Massimo Marchiori ha offerto una panoramica degli standard tecnologici promossi e sviluppati dal consorzio W3C (<<http://www.w3.org/>>), i quali possono essere utilizzati per inserire conoscenze e schemi matematici entro il Web semantico, ovvero nei documenti per il Web reperibili ed utilizzabili attraverso loro contenuti concettuali.

Le circa venti relazioni presentate a Bertinoro hanno affrontato una notevole varietà di problemi che bene hanno messo in evidenza le due attuali anime di MKM.

Alcuni interventi hanno toccato nozioni e risultati della logica e della intelligenza artificiale la cui utilizzazione per la documentazione della matematica si presenta molto promettente, altri sono stati di diretto interesse biblioteconomico.

Da una parte abitano le teorie della logica matematica, le ontologie per il Web, la teoria della dimostrazione e la matematica costruttiva,...; dall'altra la biblioteconomia matematica, con i suoi strumenti di classificazione a soggetto, un settore biblioteconomico in cui la rappresentazione dell'informazione è molto diversa da quella di altri settori disciplinari e quindi richiede competenze professionali specifiche e stretto raccordo con i matematici. Occorre rilevare che, se da un lato le nuove tecniche basate sulle tecnologie del software e su sofisticate matematiche formali si propongono di modificare profondamente i vecchi modelli di pubblicazione, dall'altro la vera natura del mondo della comunicazione matematica vede, come migliori candidati per test innovativi, le soluzioni tecnologiche e metodologiche basate sul contenuto e l'interoperabilità, orientate alla gestione dell'informazione comprensibile dalla macchina e le soluzioni focalizzate sul Web Semantico.

MKM vuole essere la sfida che punta a trovare nuove vie per un disegno comune di questi due percorsi apparentemente paralleli, quello matematico-formale e quello della biblioteconomia tecnologica.

Dana Scott in apertura della conferenza ha parlato dei sistemi di organizzazione della conoscenza in matematica e ha presentato un confronto fra i diversi schemi adottati per l'indicizzazione della produzione matematica. La sua relazione, dal titolo *Comparazione di schemi di indicizzazione per la matematica*, purtroppo non compare negli Atti. In una prima parte ha considerato l'organizzazione della conoscenza delle fonti, che ha suddiviso in biblioteche, enciclopedie, repertori di indicizzazione, libri di testo, focalizzando le differenze formali e concettuali della rappresentazione delle informazioni, e soprattutto l'eterogeneità organizzativa di fondo dei suddetti media. Dana Scott ha illustrato il sistema di classificazione bibliotecaria della Library of Congress per la parte relativa alla matematica, codice QA¹, effettuando delle ricer-

¹ Subclass QA
QA1-939 Mathematics
QA1-43 General
QA47-59 Tables
QA71-90 Instruments and machines
QA75-76.95 Calculating machines
QA75.5-76.95 Electronic computers. Computer science
QA76.75-76.765 Computer software
QA101-(145) Elementary mathematics. Arithmetic
QA150-272.5 Algebra

che nell'OPAC della LC Voyager, mettendo in evidenza le reali difficoltà di un sistema biblioteconomico tradizionale, che offre centinaia di intestazioni per *item* simili, con forme spesso variabili e disomogenee, rinvii discutibili e comunque disallineati al modello orientato alle classificazioni disciplinari utilizzate dai repertori preposti all'indicizzazione della letteratura matematica. Nella discussione Bernd Wegner ha fatto notare che la LC non è l'unico schema di classificazione del mondo bibliotecario contrapposto alle classificazioni disciplinari per la matematica: in proposito ha citato il lavoro svolto presso la Biblioteca del Seminario Matematico dell'Università di Padova e l'IMATI [Istituto di Matematica Applicata e Tecnologia dell'Informazione] del CNR, presentato alla EIC - Satellite Conference on Electronic Information and Communication in Mathematics². La CDD - Classificazione Decimale Dewey è largamente usata in tutto il mondo, ma specialmente in Italia, non solo per la collocazione dei libri nelle biblioteche, ma pure per l'indicizzazione semantica in strumenti generali per la ricerca e l'accesso in linea a documenti, quali database bibliografici, cataloghi *online* di biblioteche (OPAC), biblioteche digitali, motori di ricerca nel Web. Inoltre, nel mondo delle biblioteche matematiche è molto utilizzata anche la CDU - Classificazione Decimale Universale, in particolare dalle biblioteche e dai repertori di area sovietica come il "Referativni Zhurnal".

Sempre in merito alle fonti, Dana Scott ha illustrato lo schema MSC Mathematical Subject Classification, segnalando i cambiamenti più evidenti a seguito delle evoluzioni in certi settori come l'algebra e la geometria.

QA273-280 Probabilities. Mathematical statistics

QA299.6-433 Analysis

QA440-699 Geometry. Trigonometry. Topology

QA801-939 Analytic mechanics.

- ² De Robbio, Antonella - Maguolo, Dario - Marini, Alberto, *Mathematics Subject Classification and related schemes in the OAI framework*, in *Proceedings of the International Congress of Mathematicians 2002. Beijing, China 20-28 August 2002*, edited by Li Tatsien (Li Daqian) (Fudan University, People's Republic of China). Per la traduzione italiana del contributo, *Mathematics Subjects Classification e schemi correlati nell'ambito di OAI*, si veda "AIDainformazioni", 20 (2002), n. 4, p. 23-36.

Dal nostro Gruppo di lavoro vengono sviluppati strumenti software per realizzare diverse modalità ipertestuali di visualizzazione di classificazioni; vengono prese in considerazione, oltre alla CDD, classificazioni specializzate come Mathematics Subject Classification (MSC), Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM) Classification Scheme, Physics and Astronomy Classification Scheme (PACS), Association for Computing Machinery - Computing Classification System (ACM-CCS) (<<http://www.math.unipd.it/~biblio/math/index.html>>).

Sono state inoltre messe in risalto le differenze significative in merito all'organizzazione delle informazioni di alcuni siti Web preposti all'aggregazione di risorse elettroniche di matematica, come per esempio i *virtual reference desk* matematici, alcune enciclopedie, dizionari e manuali digitali.

La seconda parte della presentazione di Scott ha evidenziato come i moderni strumenti hanno incrementato i problemi legati alle differenze: la tecnologia non ha risolto, ma caso mai ha amplificato alcune problematiche tra cui:

- come cercare l'informazione
- come visualizzare i risultati
- come rendere al meglio il *cross-linking* nel *reference*
- come rendere la visualizzazione di ampi settori o parti di classificazione allargati
- come categorizzare le entità e come attribuire loro evidenza primaria nelle intestazioni
- se deve esserci o meno un vocabolario controllato e come questo deve essere spiegato all'utenza.

Nella terza e ultima parte Scott ha tentato di offrire delle soluzioni che si possono riassumere nelle seguenti fasi:

- combinare i file e produrre un tesoro gerarchico
- testare la terminologia a fronte delle numerose fonti
- eseguire programmi automatici per test grezzi
- confrontare i risultati in particolare rispetto a raffinamenti di suddivisioni
- cominciare a collezionare le conoscenze e le informazioni bibliografiche con *match* al thesaurus
- cominciare a formulare le regole in rapporto a come si evolveranno gli sviluppi futuri.

I problemi che presenta il trasferimento della matematica dal libro al computer sono stati analizzati da James H. Davenport in relazione al caso concreto della ben nota collezione di formule *Handbook of mathematical functions* di Abramowitz & Stegun. Il caso descritto si è riferito in particolare ai problemi semantici che si sono incontrati nel lavoro di traduzione del capitolo 4. "Elementary Transcendental Function" secondo le esigenze di OpenMath.

Questo (<<http://www.openmath.org/cocoon/openmath//index.html>>) è un nuovo standard estensibile per la rappresentazione della semantica degli oggetti matematici.

Yusuke Baba e Masakazu Suzuki hanno prospettato la possibilità di individuare un modello grammaticale da un *corpus* di descrizioni di teoremi con il fine di insegnare al computer la comprensione del significato di testi digitalizzati.

Delle problematiche dell'*information retrieval* applicato ad archivi di formule, e più precisamente alla Mizar Mathematical Library MML, si sono occupati Grzegorz Bancerek e Piotr Rudnicki. Quest'ultimo ha poi illustrato i problemi di integrità di un archivio di matematica formalizzata in rapporto al caso MML, descritti assieme ad Andrzej Trybulec. Josef Urban ha discusso quindi le relazioni fra il controllore (*checker*) di dimostrazioni matematiche Mizar e i dimostratori del primo ordine con riferimento all'accessibilità della libreria MML da parte di questi ultimi.

Un sistema esperto per la elaborazione della conoscenza matematica codificata nel linguaggio XML per il Web è stato presentato da Bernd D. Heumesser, Dietmar A. Seipel e Ulrich Guentzer.

Michael Kohlhase e Romeo Angelache hanno invece discusso la prospettiva della gestione collaborativa dei contenuti e del controllo delle versioni per documenti per la conoscenza matematica strutturata, mentre David Carlisle e Mike Dewar hanno riferito sul lavoro di documentazione per la libreria numerica NAG [Numerical Algorithms Group] e sulle possibilità di inferenze semantiche basate su espressioni matematiche rivolte alla presentazione piuttosto che al contenuto.

Luca Padovani ha discusso i diversi ruoli che giocano i linguaggi per le espressioni matematiche LaTeX e MathML, Mathematical Markup Language, ed ha sottolineato le potenzialità del secondo nella direzione del MKM. In sostanza TeX per la sua praticità è un formato assai popolare tra gli studiosi che operano con espressioni matematiche e prevedibilmente lo rimarrà ancora per molti anni; esso può servire come base per MathML. Secondo Padovani, sarà più facile individuare errori e correggerli attraverso MathML che operando con TeX, ma chiaramente, essendo MathML un linguaggio di diretta derivazione da XML, non è affatto scontato che tutta la comunità riesca ad impadronirsi facilmente delle tecniche per il suo *editing*.

La proposta è quella di ottenere uno schema di corrispondenza ad albero che permetta di trasformare le espressioni TeX sottoposte ad opportuno *parsing* in corrispondenti MathML. Georgi Goguadze, Erica Melis, Carsten Ullrich e Paul Cairns si sono occupati invece dei demarcatori per i documenti matematici e delle loro attuali carenze.

Bernd Wegner e Michael Jost hanno esposto le possibilità di accesso alla letteratura matematica in linea dal portale dell'EMIS (European Mathematical Information Service - <<http://www.emis.de/>>), il servizio informativo della European Mathematical Society, consentite dal progetto EULER focalizzato principalmente sui metadati Dublin Core. Nel loro intervento, non presente negli Atti, hanno descritto l'architettura distribuita volta a sostenere l'immissione di informa-

zioni negli archivi costituiti dal database europeo per la matematica Math, versione elettronica del repertorio cartaceo "Zentralblatt für Mathematik" e sviluppata dal progetto europeo LIMES (Large Infrastructures in European Mathematics - <http://www.emis.de/projects/LIMES/>).

Dei metadati si è discusso in almeno quattro importanti interventi.

Jonathan Borwein e Terry Stanway hanno sostenuto la opportunità di considerare come scopi distinti del MKM l'organizzazione digitale dei risultati e l'organizzazione dell'atto della loro produzione e hanno descritto l'adozione di metadati flessibili per la matematica. Il MKM sente due imperativi: il desiderio di organizzare e incapsulare la conoscenza matematica dopo la sua produzione e il desiderio di incapsulare l'atto stesso della produzione. L'originaria separatezza di queste due sfere conduce ad un approccio MKM agevolato dal fatto che il progresso tecnologico nelle reti digitali ha facilitato la confluenza degli sforzi in questi due settori fino ad oggi ben distinti. Il coinvolgimento dei matematici assieme agli specialisti di settori di ricerca quali biblioteconomia, educazione, scienza cognitiva e informatica è uno dei requisiti fondamentali entro le iniziative e i progetti che possono considerarsi dell'area MKM, al fine di definire ed affrontare le sfide in questi due campi che guardano verso le ontologie flessibili e questioni correlate.

Borwein ha quindi illustrato EMKARA [Extensible Mathematical Knowledge Archiving and Retrieval Agent], applicazione in via di sviluppo alla Simon Fraser University - Centre for Experimental and Constructive Mathematics, la quale adotta una definizione di metadati flessibile nell'archiviazione e recupero e nello scambio informativo della letteratura grigia matematica. Il progetto EMKARA ha lo scopo di indagare come l'utente definisce la costruzione di conoscenza matematica che potrebbe essere adattata ai metadati per la gestione dell'informazione. In effetti è un sistema di gestione di basi di dati (DBMS) che consente agli utenti qualificati la possibilità di generare le loro proprie strutture di dati, incoraggiando l'utilizzo di metadati nella descrizione delle produzioni che si stanno creando. L'atto di generazione della struttura di dati consiste nella creazione di tabelle entro la base di dati.

Tutti i metadati definiti dagli utenti vengono immagazzinati internamente e formattati in XML e, attualmente, i campi a contenuto puramente matematico memorizzano i dati come testo MathML inserito in un documento xhtml. La generazione di nuovi oggetti matematici da parte degli utenti avviene attraverso "script" generati per *default* dal sistema, e da corrispondenti fogli di stile per ciascun oggetto; questi all'occorrenza possono essere modificati.

L'interfaccia dedicata alla creazione dell'oggetto matematico richiede per *default* l'inserimento di determinati metadati inclusi gli elementi di base del set di metada-

ti *Math-Net*, alcuni elementi del linguaggio di *mark-up eduML* e le informazioni concernenti il copyright dell'oggetto.

Il *focus* di tale ricerca è duplice: comprendere quali forme di metadati intervengono nella gestione della conoscenza matematica in ambiente digitale, sviluppare un'architettura per la descrizione delle caratteristiche delle interfacce matematiche che consentano la convergenza di tali obiettivi.

Di metadati hanno inoltre parlato Ferruccio Guidi e Irene Schena, i quali hanno presentato un linguaggio di interrogazione per basi di dati in formato RDF e le sue applicazioni nell'ambito del progetto HELM [Hypertextual Electronic Library of Mathematics]. Il *query language* si prefigge di integrare i recenti strumenti per l'automazione del ragionamento formale con le più moderne tecnologie di editoria elettronica allo scopo di sviluppare un'opportuna tecnologia che permetta di creare e mantenere una libreria virtuale, ipertestuale e distribuita di conoscenza matematica formalizzata. Nello spirito del Web semantico, i documenti di questa libreria sono corredati da metadati RDF che ne descrivono la struttura ed il contenuto in una forma comprensibile da una macchina. Attraverso il dispositivo di interrogazione proposto dal Gruppo di ricerca di Andrea Asperti, HELM sfrutta queste informazioni per implementare le funzionalità che permettono di reperire documenti, sia interattivamente che automaticamente, sulla base di richieste che tengano conto della natura matematica dei documenti stessi.

Delle promesse e delle difficoltà che si incontrano quando si vogliono trasferire le dimostrazioni matematiche formalizzate per i *proof-assistants* agli archivi matematici distribuiti ha discusso Claudio Sacerdoti Coen, il quale ha parlato del progetto MOWGLI e del progetto HELM. È necessario catalogare le informazioni - ci dice Coen - secondo il loro uso e quando l'informazione è richiesta per più di una attività, allora bisogna "fattorizzare". Esiste una forte tensione tra conoscenze implicite (automazione) e conoscenze esplicite (librerie di software): è necessario quindi un approccio di tipo software-bus.

Andrew A. Adams ha inquadrato le problematiche delle biblioteche digitali di matematica entro un disegno generale, descrivendo i tre livelli in cui l'informazione può essere rappresentata in ambiente digitale e precisamente digitalizzazione, rappresentazione e formalizzazione delle conoscenze matematiche. L'idea di fondo presentata riguarda differenze tra matematica digitalizzata, matematica rappresentata in modo digitale e matematica formalizzata, ove ciascun approccio gioca un proprio ruolo nella gestione dell'informazione matematica entro il mondo interconnesso. Il materiale digitalizzato è ciò che è codificato mediante 0 e 1 entro un computer,

accessibile localmente o globalmente. Il materiale rappresentato è il materiale digitalizzato nel quale compaiono strutture, solitamente sintattiche, le quali forniscono la matematica contenuta nell'informazione digitalizzata. Il materiale formalizzato è relativo a ciò che del materiale rappresentato comprende sia la sintassi sia la semantica, se automaticamente accessibile.

Adams ha parlato anche di archivi digitali che non garantiscono sempre l'incorruttabilità e quindi ha sottolineato l'importanza di alcune precauzioni quali *facilities* nelle operazioni di *back-up* e processi di *mirroring* dei dati a livello globale. Il dibattito negli ambienti bibliotecari scientifici è allineato con le discussioni in MKM in relazione ai problemi di conservazione e archiviazione dei dati.

In tale contesto Adams ha citato alcuni interessanti sviluppi alla Cornell University, ove l'architettura "bibliotecaria" mantiene non solo lo stato corrente degli oggetti con i riferimenti alle versioni del sistema (in altri termini i metadati di conservazione e i metadati tecnici), ma tenta pure di cucire assieme le parti mancanti con le nuove versioni usando tecniche di deduzione automatica. Il sistema alla Cornell conserva anche i record e le copie delle vecchie versioni del sistema in cui gli sviluppi precedenti erano validi e mantiene le variazioni dei documenti tra le versioni. Questa tecnologia fornisce cioè una struttura per mantenere gli sviluppi validi aggiornando le versioni del sistema a certe datazioni. A seguito di questi sviluppi l'Office of Naval Research ha finanziato il progetto alla Cornell University per la costruzione della biblioteca digitale matematica DML [Digital Math Library] nel quale sono coinvolti bibliotecari di tutto il mondo e recentemente anche in Europa.

Secondo Adams, ai fini della disseminazione dell'informazione matematica, si debbono necessariamente tenere presenti anche i differenti tipi di utente; egli li differenzia in base alle necessità da loro espresse, cosicché si configurano in tre tipologie: i produttori, che creano nuova informazione matematica; i catalogatori, impegnati a inserire e a ordinare le informazioni matematiche entro collezioni diversificate; e i consumatori, i quali utilizzano le informazioni matematiche in applicazioni o per scopi didattici. Per Adams gli utenti, in particolare quelli nell'ambiente MKM, non vanno considerati individualmente entro una loro suddivisione in insiemi discreti, ma piuttosto, mutuando un termine dalla comunità HCI - Human Computer Interaction, bisogna studiare i "modi" di lavoro adottati dagli utenti ai differenti stadi. Le tipologie di utenti hanno infatti differenti modalità di operare, tutte però riconducibili ad un modo "insegnante" e ad un modo "studente".

Nei processi di disseminazione previsti per la costruzione di biblioteche digitali per la matematica vanno considerati i recenti sviluppi in MathML per i periodici elettronici.

Adams ha altresì analizzato gli aspetti sociali e legali correlati alle biblioteche digitali, toccando anche l'aspetto del copyright. Le questioni legali relative al *deep-*

linking o lo stato dei diritti delle collezioni e le leggi internazionali sul copyright hanno contribuito ad aumentare la confusione.

Per tale ragione occorre creare buone infrastrutture a supporto delle informazioni di meta-livello (metadati che Adams chiama informazioni "about", un pezzo di matematica digitale), le quali possono essere prodotte manualmente o automaticamente. Nel caso di informazione unicamente digitalizzata, ma non rappresentata, la produzione manuale di metadati risulta essere con alta probabilità la sola via percorribile. Alcune di queste meta-informazioni già esistono e Adams ha citato le informazioni citazionali e il loro utilizzo entro CiteSeer (ResearchIndex). La produzione automatica di metadati di buona qualità appare ancora lontana. Il vero cambiamento potrà avvenire soltanto quando sarà possibile la traduzione e l'estrazione automatica di meta-informazioni.

In relazione al copyright Adams ha fatto il punto sulla situazione internazionale con particolare riferimento alla norma statunitense regolata dal Digital Millennium Copyright Act, puntando l'attenzione sugli aspetti della produzione intellettuale ceduta agli editori, sul lavoro non pagato degli autori accademici e sui diritti editoriali a scapito della ricerca. Ha quindi citato i più importanti *open archive* per la matematica tra cui il server di Los Alamos, recentemente trasformato negli ArXiv mantenuti presso la Cornell University.

In chiusura Paul Cairns e Jeremy Gow hanno presentato una sperimentazione sulle dimostrazioni gerarchiche e ne hanno esaminato l'usabilità mediante un'analisi delle loro dimensioni cognitive, mentre Freek Wiedijk ha confrontato quindici dimostratori matematici elaborando tabelle di sintesi con lo scopo di orientare il possibile fruitore/consumatore informativo.

Le giornate su MKM sono state purtroppo disertate dai bibliotecari italiani e hanno visto una scarsa partecipazione anche dei matematici italiani, fatta eccezione per il gruppo bolognese organizzatore della conferenza e attivo in questo campo di ricerca. Ciò è probabilmente dovuto in parte alla considerazione che le proposte del MKM per molto tempo ancora non saranno largamente fruibili. Per contro, la conferenza MKM 2003 ha offerto una preziosa gamma di spunti e la qualità e ricchezza degli interventi presentati in quella sede invitano a numerose riflessioni. Alcune di queste nuove frontiere coinvolgono direttamente attività concernenti la digitalizzazione dei documenti matematici e l'organizzazione e costruzione di biblioteche digitali. La presente relazione ha inteso fornire uno strumento di partenza per l'inquadramento di tali tematiche.

